

(79) 鋼塊組成と凝固遷移層内液相の密度変化

北海道大学工学部 工博 高橋 忠義
○工 藤 昌行

緒言：最近逆V偏析の生成に關して成分元素が影響することは経験的に知られてきている。一方逆V偏析の生成要因としては、デンドライト間隙の液相が固相率増加と共に溶質濃縮が進み、そのため密度が変化する。その結果主として重力的作用によってデンドライト間隙をその液相が流動するようになるためであると考えられていた。しかし成分元素による密度変化の相互関係が定量的に明らかにされていない点もあるし、これまでの報告にも誤りがある⁽¹⁾ので、本報告では再検討を含め、固相率増加による鋼塊成分元素の溶質濃縮と凝固点降下との両者の変動より密度変化をマクロ偏析抑制の見地から解析したものである。

解析方法：凝固進行によるデンドライト間の液相溶質濃縮変化はCについては完全拡散による関係式⁽²⁾、それ以外の元素についてはPhannの式を用いて計算した。デンドライト間の溶質濃縮による液相の温度(T)の降下は次式のように表わせる⁽³⁾。

$$T=1536-90C^c-6.2C^s-1.7C^m-28C^p-40C^s-2.9C^ni-1.8C^cr-1.5C^mo-1.3C^v \quad (1)$$

一方、Cの濃度と温度による比容積(V_L)の変化⁽⁴⁾は次式のように示し得る。

$$V_L=0.1103+2.1 \times 10^{-5}T+1.80 \times 10^{-3}C^c \quad (2)$$

またC以外の成分についての比容積変化はBenedicks⁽⁴⁾および溶融単体元素の密度⁽⁵⁾をもととして、Fe-X=元素のモル分率から求めた。この各成分の比容積変化を加味したものが次式である。

$$V_L=0.1103+2.1 \times 10^{-5}T+1.80 \times 10^{-3}C^c+1.36 \times 10^{-3}C^s+0.08 \times 10^{-3}C^m+0.93 \times 10^{-3}C^p+2.04 \times 10^{-3}C^s-0.06 \times 10^{-3}C^ni+0.18 \times 10^{-3}C^cr-0.29 \times 10^{-3}C^mo+0.35 \times 10^{-3}C^v \quad (3)$$

(1)式を(3)式に代入すると

$$V_L=0.1426-0.09 \times 10^{-3}C^c+1.23 \times 10^{-3}C^s+0.04 \times 10^{-3}C^m+0.34 \times 10^{-3}C^p+1.20 \times 10^{-3}C^s-0.12 \times 10^{-3}C^m+0.14 \times 10^{-3}C^cr-0.32 \times 10^{-3}C^mo+0.32 \times 10^{-3}C^v \quad (4)$$

また計算に必要な組成(%)はC:0.20, Si:0.40, Mn:0.70, P:0.010,

S:0.011, Ni:2.0, Cr:1.80, Mo:0.50, V:0.30とし、平衡分配係数(f_s)はそれぞれ0.39, 0.83, 0.88, 0.37, 0.03, 0.75, 0.89, 0.70, 0.90とした⁽⁶⁾。

結果：図1において1よりSi元素を除いた2では $f_s \approx 0.7$ まで密度変化は小さく、重力偏析抑制に対するSi元素の除去効果の大きいことが認められた。また各元素の密度変化に対する基本的効果として、増加成分としては $Mo > Ni > C$ の順となり、減少成分としては $Si > S > P > V > Cr > Mn$ となることが示された。C元素をもととした重力偏析抑制に対する他の成分元素の相互の役割は偏析抑制係数 $[\frac{f_c}{f_c} \{1 - (1 - f_s) f_s\} (1 - f_s)^{k-1}]$ を求めることによって成分元素の調整が可能となる。ここで f_c, f_x は(4)式におけるCとX元素の比容積係数である。

参考文献 (1) M.C. Flemings: Scand. J. Met, 5 (1976) 1, (2) 高橋, 工藤: 日本金属学会報, 11 (1972) 601, (3) C.E. Sims: Electric Furnace Steelmaking, II, John Wiley & Sons, (1963) 99, (4) C. Benedicks, et al: Arch. Eisenhüttenw, 7 (1930) 473, (5) 化学便覧, 丸善 (1965) 28, (6) 高橋: 鉄鋼基礎共同研究会凝固部会資料14-1-4

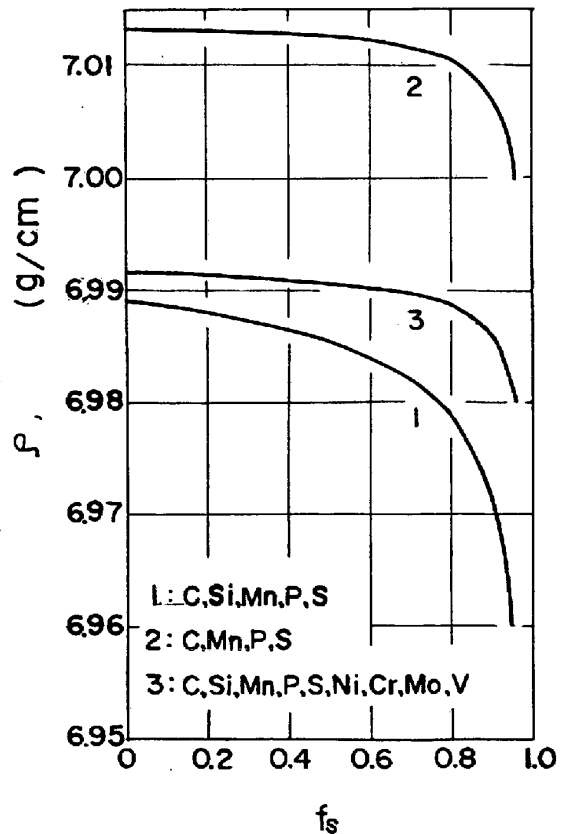


図1. 鋼塊成分による固相率(f_s)と密度(ρ_L)変化